

PATENT APPLICATION

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

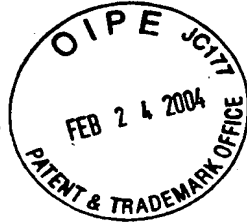
In re the Application of

Masayuki SUZUKI et al.

Application No.: 10/670,337

Filed: September 26, 2003

Docket No.: 117330



For: HEATER INSPECTION APPARATUS AND SEMICONDUCTOR MANUFACTURING
APPARATUS HAVING HEATER INSPECTION APPARATUS MOUNTED THEREON

CLAIM FOR PRIORITY

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

The benefit of the filing dates of the following prior foreign applications filed in the following foreign country is hereby requested for the above-identified patent application and the priority provided in 35 U.S.C. §119 is hereby claimed:

Japanese Patent Application No. 2003-322390 filed on September 16, 2003

Japanese Patent Application No. 2003-097157 filed on March 31, 2003

Japanese Patent Application No. 2003-097153 filed on March 31, 2003

In support of this claim, certified copies of said original foreign applications:

☒ are filed herewith.

It is requested that the file of this application be marked to indicate that the requirements of 35 U.S.C. §119 have been fulfilled and that the Patent and Trademark Office kindly acknowledge receipt of these documents.

Respectfully submitted,

James A. Oliff
Registration No. 27,075

Thomas J. Pardini
Registration No. 30,411

JAO:TJP/amo

Date: February 24, 2004

OLIFF & BERRIDGE, PLC
P.O. Box 19928
Alexandria, Virginia 22320
Telephone: (703) 836-6400

**DEPOSIT ACCOUNT USE
AUTHORIZATION**

Please grant any extension
necessary for entry;

Charge any fee due to our
Deposit Account No. 15-0461



日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 9 月 1 6 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 3 2 2 3 9 0
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 3 2 2 3 9 0]

出 願 人 株式会社国際電気セミコンダクターサービス
Applicant(s):

9



2 0 0 3 年 1 0 月 1 6 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康



【書類名】 特許願
【整理番号】 Z0145
【あて先】 特許庁長官 殿
【国際特許分類】 F23G 7/06
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都新宿区新宿二丁目 1 番 9 号 株式会社国際電気セミコンダクターサービス内
 【氏名】 石津 秀雄
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都新宿区新宿二丁目 1 番 9 号 株式会社国際電気セミコンダクターサービス内
 【氏名】 鈴木 雅行
【特許出願人】
 【識別番号】 592230092
 【氏名又は名称】 株式会社国際電気セミコンダクターサービス
【代理人】
 【識別番号】 100090136
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 油井 透
【選任した代理人】
 【識別番号】 100091362
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 阿仁屋 節雄
【選任した代理人】
 【識別番号】 100105256
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 清野 仁
【先の出願に基づく優先権主張】
 【出願番号】 特願2003- 97153
 【出願日】 平成15年 3月31日
【先の出願に基づく優先権主張】
 【出願番号】 特願2003- 97157
 【出願日】 平成15年 3月31日
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 013653
 【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1
 【包括委任状番号】 0003330

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

交流電源に基づいて加熱されるヒータに電力要素を印加する印加手段と、
前記印加手段によって前記ヒータに電力要素を印加したときに当該ヒータに流れる電流を検出する電流検出手段と、
前記印加手段によって前記ヒータに電力要素を印加したときに当該ヒータに印加される電圧を検出する電圧検出手段と、
前記印加手段によって前記ヒータが加熱されているときの当該ヒータの温度を検出する温度検出手段と、
前記ヒータの基準時の抵抗を算出するための抵抗温度係数を記憶してあるメモリと、
前記電圧検出手段と前記電流検出手段との各検出結果に基づいて前記ヒータの検査時の抵抗を算出する第 1 算出手段と、
前記温度検出手段の検出結果と前記メモリに記憶してある抵抗温度係数とに基づいて前記ヒータの基準時の抵抗を算出する第 2 算出手段と、
前記第 1 算出手段によって算出されたヒータの検査時の抵抗と前記第 2 算出手段によって算出された前記ヒータの基準時の抵抗とに基づいて当該ヒータの劣化の程度を割り出す割出手段とを備えることを特徴とするヒータ検査装置。

【請求項 2】

前記電力要素を印加する印加手段が、前記ヒータを加熱する前記交流電源であり、
前記電流検出手段が、前記交流電源によって前記ヒータに交流電圧を印加したときに当該ヒータに流れる電流のレベルを検出するものであり、
前記電圧検出手段が、前記交流電源によって前記ヒータに交流電圧を印加したときに当該ヒータに印加される電圧のレベルを検出するものであり、
前記温度検出手段が、前記交流電源によって前記ヒータが加熱されているときの当該ヒータの温度を検出するものである
ことを特徴とする請求項 1 に記載のヒータ検査装置。

【請求項 3】

請求項 1 に記載のヒータ検査装置において、
さらに前記交流電源と当該交流電源に基づいて加熱されるヒータとの経路を遮断する遮断手段を備え、
前記電力要素を印加する印加手段が、前記遮断手段によって経路を遮断しているときに前記ヒータに直流電圧を印加する直流電源であり、
前記電流検出手段が、前記直流電源によって前記ヒータに直流電圧を印加したときに当該ヒータに流れる電流を検出するものであり、
前記電圧検出手段が、前記直流電源によって前記ヒータに直流電圧を印加したときに当該ヒータに印加される直流電圧を検出するものであり、
前記温度検出手段が、前記直流電源によって前記ヒータが加熱されているときの当該ヒータの温度を検出するものである
ことを特徴とするヒータ検査装置。

【請求項 4】

請求項 1 に記載のヒータ検査装置において、
さらに前記交流電源と当該交流電源に基づいて加熱されるヒータとの経路を遮断する遮断手段を備え、
前記印加手段が、前記遮断手段による前記経路の遮断、非遮断にかかわらず前記ヒータに直流定電流を流す直流定電流源であり、
前記電流検出手段が、前記遮断手段によって前記経路を遮断しているときに、前記直流定電流源によって前記ヒータに流れる電流を検出するものであり、
前記電圧検出手段が、前記遮断手段によって前記経路を遮断しているときに、前記直流定電流源によって前記ヒータに印加される直流電圧を検出するものであり、
前記温度検出手段が、前記遮断手段によって前記経路を遮断しているときに、前記直流

定電流源によって前記ヒータが加熱されているときの当該ヒータの温度を検出するものである

ことを特徴とするヒータ検査装置。

【請求項 5】

前記遮断手段は、前記交流電源と前記ヒータとを結ぶ経路から前記ヒータに加えられる印加電源の電源同期信号を取得し、当該電源同期信号に基づいて前記経路を遮断することを特徴とする請求項 3 又は 4 に記載のヒータ検査装置。

【請求項 6】

前記割出手段によってヒータの劣化の程度を割り出した結果、前記ヒータの交換の必要性がある場合に、当該必要性があることを報知する報知手段を備えることを特徴とする請求項 1 ないし 4 のいずれかに記載のヒータ検査装置。

【請求項 7】

さらに、前記メモリには、前記ヒータの基準時の長さ及び断面積が記憶されていることを特徴とする請求項 1 ないし 4 のいずれかに記載のヒータ検査装置。

【請求項 8】

請求項 1 ないし 4 のいずれかに記載のヒータ検査装置を備えることを特徴とする半導体製造装置。

【書類名】明細書**【発明の名称】ヒータ検査装置及びそれを搭載した半導体製造装置****【技術分野】****【0001】**

本発明は、ヒータ検査装置及びそれを搭載した半導体製造装置に関する。

【背景技術】**【0002】**

従来、半導体製造装置として、被処理体を高温下の炉内で熱処理するための熱処理装置に、常温で抵抗値が非常に小さく、高温になると抵抗値が大きくなる二ケイ化モリブデン製の抵抗加熱ヒータが使われるようになっている（例えば、特許文献1参照）。

【0003】

このような半導体製造装置のヒータ検査装置として以下のものがある。

【0004】

図7は、第1の従来例としてのヒータ検査装置及びそれを搭載した半導体製造装置の回路図である。

図7には、商用電源1と、受電用端子台2と、保護用ブレーカ（NFB）3と、電源トランス4と、ヒータ電力制御用のサイリスタ6と、加熱用のヒータ7と、ヒータ7の温度を測定する熱電対8と、ヒータ7の断線を検知するためのカレントトランス40と、ヒータ7の温度を制御する温度調節計30とを示している。

【0005】

ヒータ7の温度を制御する場合、受電用端子台2に商用電源1を供給した状態で、保護用ブレーカ3及びサイリスタ6をオンすることで、商用電源1が保護用ブレーカ3及びサイリスタ6を経由して、ヒータ7に供給される。

このとき、ヒータ7には電流が流れることでヒータ温度が上昇する。温度を測定する熱電対8は上昇したヒータ7の温度を電気信号に変えて、温度調節計30にフィードバックする。温度調節計30は、熱電対8からの数値とヒータ7の設定温度との差を演算して、サイリスタ6のオン／オフを制御する。

【0006】

ヒータ7の断線を検知するには、電流検知用のカレントトランス40に電流が流れるか否かを判別すればよい。具体的には、温度調節計30が電力をヒータ7に供給する指令をサイリスタ6に出力しているにもかかわらず、カレントトランス40からヒータ7に流れる電流を検知しない場合に、断線と判断するようにしている。

【0007】

図8は、第2の従来例としてのヒータ検査装置及びそれを搭載した半導体製造装置の回路図である。

図8には、図7に示す部分に加えて、ヒータ7の断線を判断する断線検知器50を示している。ヒータ7の加熱の手法は、図7を用いて説明したとおりである。

第2の従来例では、ヒータ7の断線を検知するには、電流検知用のカレントトランス40に流れる電流を測定することで、ヒータ7の断線が判断可能となる。すなわち、断線検知器50がヒータ7に供給されているヒータ7の端子電圧とカレントトランス40からヒータ7に供給される電力とを監視し、ヒータ7の電流変化率の大幅な変化を検知する、又は、ヒータ7の端子電圧があるにもかかわらず、電流が検知できない場合に、断線と判断するようにしている。

【特許文献1】特開平4-155828号公報**【発明の開示】****【発明が解決しようとする課題】****【0008】**

しかし、従来の技術は、ヒータの断線を検知する方法として、ヒータの電流を監視するしかなく、ヒータを断線前に交換するためには、せいぜい、ヒータの材料、使用時の環境により判断するしかなかった。

ヒータが断線すると、炉で正常な熱処理ができなくなり、被処理体のロット不良を出してしまう等、生産性に影響が出るという問題があった。特に縦型炉にあっては、一度に処理する被処理体の数が大量であるため影響は大きかった。これを補うために、予備のヒータを準備して、定期交換しているが、ヒータの寿命判断が甘いため、寿命予測範囲期間内で断線するという問題点もある。

【0009】

そこで、本発明は、ヒータの劣化の程度を割り出して、ヒータの交換の必要性があれば、その旨を報知して、ヒータの交換を促すことが可能なヒータ検査装置及びそれを搭載した半導体製造装置を提供することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0010】

第1の発明は、交流電源に基づいて加熱されるヒータに電力要素を印加する印加手段と、前記印加手段によって前記ヒータに電力要素を印加したときに当該ヒータに流れる電流を検出する電流検出手段と、前記印加手段によって前記ヒータに電力要素を印加したときに当該ヒータに印加される電圧を検出する電圧検出手段と、前記印加手段によって前記ヒータが加熱されているときの当該ヒータの温度を検出する温度検出手段と、前記ヒータの基準時の抵抗を算出するための抵抗温度係数を記憶してあるメモリと、前記電圧検出手段と前記電流検出手段との各検出結果に基づいて前記ヒータの検査時の抵抗を算出する第1算出手段と、前記温度検出手段の検出結果と前記メモリに記憶してある抵抗温度係数とに基づいて前記ヒータの基準時の抵抗を算出する第2算出手段と、前記第1算出手段によって算出されたヒータの検査時の抵抗と前記第2算出手段によって算出された前記ヒータの基準時の抵抗とに基づいて当該ヒータの劣化の程度を割り出す割出手段とを備えることを特徴とするヒータ検査装置である。

【0011】

すなわち、本発明は、ヒータの劣化によりヒータ本体が細くなり、これに起因してヒータの抵抗が増加するという性質を利用して、ヒータの劣化の程度を割り出している。例えば、実際測定したヒータの抵抗がヒータ基準時の抵抗に比して所定量を超えて増加していれば、ヒータが交換を必要とするほど、劣化していると判別するようにしている。

【0012】

第2の発明は、第1の発明において、前記電力要素を印加する印加手段が、前記ヒータを加熱する前記交流電源であり、前記電流検出手段が、前記交流電源によって前記ヒータに交流電圧を印加したときに当該ヒータに流れる電流のレベルを検出するものであり、前記電圧検出手段が、前記交流電源によって前記ヒータに交流電圧を印加したときに当該ヒータに印加される電圧のレベルを検出するものであり、前記温度検出手段が、前記交流電源によって前記ヒータが加熱されているときの当該ヒータの温度を検出するものであることを特徴とするヒータ検査装置である。

【0013】

すなわち、ヒータ検査用の印加手段に、ヒータを加熱する交流電源を用いるので、構成を簡素化できる。また、交流電源でヒータを加熱するアイドル状態のときに、ヒータ検査を行うことができる。

【0014】

第3の発明は、第1の発明において、さらに前記交流電源と当該交流電源に基づいて加熱されるヒータとの経路を遮断する遮断手段を備え、前記電力要素を印加する印加手段が、前記遮断手段によって経路を遮断しているときに前記ヒータに直流電圧を印加する直流電源であり、前記電流検出手段が、前記直流電源によって前記ヒータに直流電圧を印加したときに当該ヒータに流れる電流を検出するものであり、前記電圧検出手段が、前記直流電源によって前記ヒータに直流電圧を印加したときに当該ヒータに印加される直流電圧を検出するものであり、前記温度検出手段が、前記直流電源によって前記ヒータが加熱されているときの当該ヒータの温度を検出するものであることを特徴とするヒータ検査装置である。

【0015】

すなわち、ヒータ検査用の印加手段に、ヒータを加熱する交流電源とは別な直流電源を用いるので、ヒータ劣化の程度の割り出し精度を向上できる。また、遮断手段によって経路を遮断しているときに検査を行うので、抵抗検査時に交流電源と直流電源との干渉を回避できる。また、遮断手段によって経路を遮断している時間を、ヒータ加熱運転に影響を与えない一時的な時間とすれば、ヒータ加熱運転中であっても、ヒータ検査を有効に行うことができる。

【0016】

第4の発明は、第1の発明において、さらに前記交流電源と当該交流電源に基づいて加熱されるヒータとの経路を遮断する遮断手段を備え、前記印加手段が、前記遮断手段による前記経路の遮断、非遮断にかかわらず前記ヒータに直流定電流を流す直流定電流源であり、前記電流検出手段が、前記遮断手段によって前記経路を遮断しているときに、前記直流定電流源によって前記ヒータに流れる電流を検出するものであり、前記電圧検出手段が、前記遮断手段によって前記経路を遮断しているときに、前記直流定電流源によって前記ヒータに印加される直流電圧を検出するものであり、前記温度検出手段が、前記遮断手段によって前記経路を遮断しているときに、前記直流定電流源によって前記ヒータが加熱されているときの当該ヒータの温度を検出するものであることを特徴とするヒータ検査装置である。

【0017】

すなわち、経路の遮断、非遮断にかかわらず、直流定電流源による電流は常時流しているので、第4の発明の効果に加えて、経路切替え時、電流立上りのロスタイムを低減できる。

第5の発明は、第3の発明又は第4の発明において、前記遮断手段は、前記交流電源と前記ヒータとを結ぶ経路から前記ヒータに加えられる印加電源の電源同期信号を取得し、当該電源同期信号に基づいて前記経路を遮断することを特徴とするヒータ検査装置である。

【0018】

このため、ヒータに加えられる電流／電圧が位相制御されているような場合において、電流が流れていないときに経路を遮断するようにすることにより、加熱しているヒータの温度低下を最小限にとどめることができる。

【0019】

第6の発明は、第1ないし第4の発明において、前記割出手段によってヒータの劣化の程度を割り出した結果、前記ヒータの交換の必要性がある場合に、当該必要性があることを報知する報知手段を備えることを特徴とするヒータ検査装置である。

【0020】

こうして、ヒータの交換を促すことで、実際に被処理体を加熱処理しているときに、ヒータの断線等が生じるという事態が発生しないようにしている。

【0021】

第7の発明において、第1ないし第4の発明において、さらに、前記メモリには、前記ヒータの基準時の長さ及び断面積が記憶されていることを特徴とするヒータ検査装置である。

このため、基準時のヒータの抵抗の算出が容易となる。

【0022】

第8の発明は、第1ないし第4の発明のヒータ検査装置を備えることを特徴とする半導体製造装置である。

このため、半導体の製造中に、ヒータが断線することによって、半導体が製造できないという事態が発生することを防止できる。

【発明の効果】**【0023】**

以上説明したように、本発明によると、ヒータの劣化の程度を割り出せるようにしてい

るので、ヒータの交換の必要性があれば、その旨を報知して、ヒータの交換を促すことができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0024】

交流電源に基づいて加熱されるヒータの劣化度をオンラインで検査するという目的を、交流電源をそのまま利用して、又は交流電源とは別な検査用電源を割込ませて利用することによって、ヒータ加熱中であってもヒータ加熱を損なわずに実現した。

【実施例1】

【0025】

以下、本発明について図面を参照して説明する。

図1は、本発明の実施形態の半導体製造装置の構成要素である縦型炉にヒータを取り付けている様子を示す斜視図である。

図1には、縦型炉100の内壁に対して、半導体ウェーハ等の被処理体を加熱するヒータ7を蛇行させた状態で張り巡らせている様子を示している。ヒータ7は、二ケイ化モリブデン、ニクロムなどを主成分とした材料としている。図1に示すヒータ7で囲まれた領域に、被処理体が搬入される処理室を構成する反応管が位置することになる。

【0026】

図2は、図1に示す実施例1のヒータ及びヒータ検査装置の回路図である。ここでは、電力要素を印加する印加手段が、ヒータを加熱する交流電源で構成される。

図2には、図1に示すヒータ7に加えて、以下説明する商用電源1と、受電用端子台2と、保護用ブレーカ(NFB)3と、電源トランス4と、サイリスタ6と、熱電対8と、熱電対9と、カレントトランス10Aと、温度調節計13Aと、ヒータ検査装置23Aとを示している。

【0027】

商用電源1は、図1に示すヒータ7に対して交流電圧を印加する交流電源である。

受電用端子台2は、商用電源1からの電圧を受けてヒータ7側へ渡す端子が裁置されたものである。

保護用ブレーカ(NFB)3は、ヒータ7に過度の電圧が印加されることを防止するものであり、通常時にはオンすることで商用電源1とヒータ7とを導通しており、ヒータ7に過度の電圧が印加されそうなときにはオフすることで商用電源1とヒータ7との導通を断つものである。

【0028】

電源トランス4は、商用電源1によって印加される電圧を、ヒータ7で使用可能な電圧に変換するものである。

サイリスタ6は、電源トランス4で変換された電圧の位相を制御してヒータ7に通電され電流を調整するスイッチ素子であり、熱電対8でのヒータ7の測定温度が炉の設定温度よりも低い場合にオンされ、熱電対8でのヒータ7の測定温度が炉の設定温度よりも高い場合にオフされるものである。

【0029】

上記熱電対8に加えて、もう一つの熱電対9が設けられ、これら2つの熱電対8、9は、ヒータ7の温度に基づく電気信号をヒータ検査装置23A側へ出力するものである。一方の熱電対8は、炉内の温度を測定してヒータ7の計測温度を炉の設定温度に一致させるためのものであり、例えば縦型炉100の半導体処理室内に設置されている。他方の熱電対9は、ヒータ7自体の温度を測定してヒータ7の劣化の程度を割り出すためのものであり、例えばヒータ7近傍に設置されている。

カレントトランス10Aは、ヒータ7に流れる電流をヒータ検査装置23A側へ出力するものである。

【0030】

温度調節計13Aは、熱電対8から出力される電気信号に対応する測定温度と予め設定しているヒータ7の設定温度とに基づいてサイリスタ6のオン/オフを制御したり、熱電

対 8 から出力される電気信号に対応する測定温度やサイリスタ 6 のオン／オフの制御情報を上位装置等へ送信するものである。

ヒータ検査装置 23A は、以下説明するテーブルメモリ 14 と、DO 出力手段 15 と、通信インターフェイス（通信 I/F）16 と、演算器（CPU）17A と、A/D 変換器 19 と、電圧検出手段 20A と、電流検出手段 21A と、温度検出手段 22 とを備える。

【0031】

電圧検出手段 20A は、CPU 17A からの命令に従って、ヒータ 7 に印加されている電圧のレベルを検出して、CPU 17A 側へ出力するものである。

電流検出手段 21A は、CPU 17A からの命令に従って、ヒータ 7 に流れる電流のレベルを、カレントトランス 10A からの電流に基づいて検出して、CPU 17A 側へ出力するものである。

【0032】

温度検出手段 22 は、CPU 17A からの命令に従って、熱電対 9 から出力される電気信号に基づいて、ヒータ 7 の温度を検出して、CPU 17A 側へ出力するものである。

A/D 変換器 19 は、電圧検出手段 20A と電流検出手段 21A と温度検出手段 22 とによるアナログ信号の検出結果を、デジタル信号の検出結果に変換するものである。

【0033】

テーブルメモリ 14 は、図 3 を用いて後述するように、ヒータ 7 の固有の識別番号と、ヒータ 7 の抵抗温度係数と、ヒータ 7 の長さ、ヒータ 7 の断面積と、ヒータ 7 の基準時の抵抗、たとえば製造時の基準抵抗とを一組で記憶してあるメモリである。

なお、テーブルメモリ 14 に、ヒータ 7 の温度－抵抗特性を記憶してルックアップテーブル化しておくことで、CPU 17A においてヒータ 7 の理論的な抵抗を算出するという作業をしなくて済むようにしてもよい。

【0034】

演算器（CPU）17A は、A/D 変換器 19 で変換された電圧検出手段 20A 及び電流検出手段 21A のデジタル信号の検出結果に基づいてヒータ 7 の検査時の抵抗を算出すると共に、算出したヒータ 7 の検査時の抵抗とテーブルメモリ 14 の記憶内容とに基づいてヒータ 7 の劣化の程度を割り出すものである。

【0035】

また、演算器（CPU）17A は、割り出したヒータ 7 の劣化の程度を上位装置等へ送信するように命令する、或いは割り出したヒータ 7 の劣化の程度に基づいてヒータ 7 の交換の必要性がある場合に、例えばスピーカからアラームを出力するように DO 出力手段 15 へ命令する等のヒータ検査装置 23A の動作の制御を司るものである。

【0036】

DO 出力手段 15 は、CPU 17A の命令に従って、ヒータ 7 の交換の必要性があることを示すアラームを出力するように、図示しないスピーカに促すものである。

通信 I/F 16 は、CPU 17A 及び温度調節計 13A と上位装置等とを接続するインターフェイスである。

【0037】

ここで、ヒータ 7 の劣化の程度を割り出す原理について説明する。ヒータ 7 の抵抗 R は、例えばヒータ 7 を構成する金属素線の抵抗温度係数 ρ を $1/^\circ\text{C}$ (at 20°C) ($\Omega \cdot \text{m}$)、長さ l を 1000 m とし、素線半径を 1 mm とすると、断面積 S は $3.14 \times 10^{-6} (\text{m}^2)$ となるから、

$$R = \rho \times l / S \text{ より、}$$

$$R (20^\circ\text{C}) = 1 (\Omega \cdot \text{m}) \times 1000 (\text{m}) / 3.14 \times 10^{-6} (\text{m}^2) = 3.185 \times 10^8 (\Omega)$$

となる。

【0038】

ヒータ 7 が経時変化により劣化することで、金属素線の半径が 0.8 mm になったとすると、このときのヒータ 7 の抵抗 R' は、

$R' = 1 (\Omega \cdot m) \times 1000 (m) / (0.0008 \times 0.0008 \times 3.14)$
 $(m^2) = 4.976 \times 10^8 (\Omega)$
となる。

【0039】

このため、ヒータ7の理論的な抵抗に対する、ヒータ7の実際の抵抗の変化に基づいて、ヒータ7の劣化の程度を割り出すことが可能となる。

図3は、図2に示すテーブルメモリ14の記憶内容を示す図である。

図3には、例示としてヒータ7として使用可能なヒータ7A及び7Bに関する情報を記憶している場合を示している。

【0040】

具体的には、ヒータ7Aと、ヒータ7Aを20℃及び800℃及び1000℃に加熱したときの抵抗温度係数1.00及び1.01及び1.04 ($\Omega \cdot m$)と、ヒータの長さ1000 (m)と、ヒータ7Aの断面積 $4 \times 10^{-6} (m^2)$ と、ヒータ7Aの製造時の基準抵抗4.557 (Ω)とを対応させて記憶している様子を示している。

【0041】

また、ヒータ7Bと、ヒータ7Bを20℃及び800℃及び1000℃に加熱したときの抵抗温度係数1.00及び1.01及び1.04と、ヒータ7Bの長さ1500 (m)と、ヒータ7Bの断面積 $4 \times 10^{-6} (m^2)$ と、ヒータ7Bの製造時の基準抵抗9.4 (Ω)とを対応させて記憶している様子を示している。

【0042】

なお、テーブルメモリ14には、少なくとも、ヒータ7を検査する際のヒータ7の温度に対応する抵抗温度係数を記憶しておけばよいが、さらに多くの抵抗温度係数を記憶しておいてもよい。

本実施形態では、後述する数式と上記情報とに基づいて、ヒータ7の劣化の程度を割り出すようにしている。

【0043】

図4は、図2に示す半導体製造装置及びヒータ検査装置の動作を示すフローチャートである。

まず、商用電源1の交流電圧をヒータ7に印加して、ヒータ7を例えば800℃に向けて加熱する(ステップS1)。

具体的には、商用電源1から半導体製造装置の縦形炉に対して、交流電圧を印加する際に、CPU17A等の制御によってNFB3及びサイリスタ6をオンしておき、商用電源1の交流電圧を、電源トランス4でヒータ7で使用可能な電圧に変換してから印加することによってヒータ7を加熱する。これにより縦形炉をアイドル状態(スタンバイ状態)にする。

【0044】

つぎに、CPU17Aは、ヒータ7自体の温度を測定する熱電対9から出力される電気信号に基づいて、ヒータ7の温度が、ヒータ7の検査温度である例えば800℃に達したか否かを判別し、800℃に達するまで判別を繰り返す(ステップS2)。

ヒータ7が例えば800℃(検出温度T℃)に達した場合には、ヒータ7に印加されている電圧のレベルを、電圧検出手段20Aによって検出する(ステップS3)。

【0045】

また、電流検出手段21Aによって、ヒータ7に流れる電流のレベルを、カレントトランス10Aからの電流に基づいて検出する(ステップS4)。

上述したステップS2で800℃を検出する時間を含めてステップS4で電流レベルを検出するまでの検出時間は、例えば数十msecオーダーであり、最大でも1秒程度である。また、これら一連のステップを繰り返して複数の検出データを取得するようにしてもよい。複数の検出データを取得する場合は、それらの平均値を採用する。

なお、電圧検出手段20Aと電流検出手段21Aと温度検出手段22とによるアナログ信号の検出結果は、A/D変換器19によって、デジタル信号の検出結果に変換され、

CPU17Aに出力される。

【0046】

つぎに、CPU17Aは、例えば、温度検出手段22の検出温度($T^{\circ}\text{C}$)とテーブルメモリ14の記憶内容とに基づいて、検出温度($T^{\circ}\text{C}$)でのヒータ7の理論的な抵抗Rを算出する(ステップS5)。

理論的な抵抗Rは、検出温度での抵抗温度係数を ρ_T (at $T^{\circ}\text{C}$)、ヒータ7の長さをl、ヒータ7の断面積をSとすると、

$$R = \rho_T \times l / S$$

と示すことができる。

【0047】

つぎに、CPU17Aは、電圧検出手段20Aと電流検出手段21Aとの検出結果に基づいて、ヒータ7の実際の抵抗R'を算出する(ステップS6)。

抵抗R'は、ヒータ7の電圧のレベルをV、ヒータ7の電流のレベルをIとすると、

$$R' = V / I$$

と示すことができる。

【0048】

つづいて、ヒータ7の理論的な抵抗Rとヒータ7の実際の抵抗R'との変化率を算出する(ステップS7)。

なお、変化率は、以下のように示すことができる。

$$\text{変化率} = (R - R') / R \times 100 (\%)$$

【0049】

つぎに、CPU17Aは、算出した変化率が例えば $\pm 10\%$ 以上であるか否かを判定する(ステップS8)。

判定の結果、変化率が例えば $\pm 10\%$ 以上である場合には、CPU17Aは、近々、ヒータ7の交換の必要性があるとして、DO出力手段15へ命令することによって、例えばスピーカからアラーム#1を出力してから、ステップS10へ移行する(ステップS9)。

。

【0050】

ステップS10では、変化率が例えば 30% 以上であるか否かを判定する。判定の結果、変化率が例えば 30% 以上である場合には、CPU17Aは、早急に、ヒータ7の交換の必要性があるとして、DO出力手段15へ命令することによって、例えばスピーカからアラーム#1とは音色、周波数等の異なるアラーム#2を出力する(ステップS11)。

【0051】

つづいて、被処理体をロット不良にすることなくヒータ7の交換を可能とするために、実際に処理室に被処理体を搬入する前に、ヒータ7の加熱を終了する(ステップS13)。

。

【0052】

一方、変化率が例えば $\pm 10\%$ 以上でない場合、及び、変化率が例えば $\pm 30\%$ 以上でない場合には、引き続き、ヒータ7を加熱していき、温度調節計13Aによって、熱電対8から出力される電気信号と予め設定しているヒータ7の設定温度とに基づいて、サイリスタ6をオン/オフして、アイドル状態(スタンバイ状態)を継続する。また、熱電対8から出力される電気信号が示す情報やサイリスタ6のオン/オフの制御情報を上位装置等へ送信する(ステップS12)。

【0053】

以上説明したように、実施例1では、同じ温度における理論的なヒータ抵抗値と実際のヒータ抵抗値との変化をとらえて、ヒータの劣化の程度を割り出すことにより、ヒータの劣化の程度からヒータの交換の必要性があれば、その旨を報知して、ヒータの交換を促すことができるようにしている。したがって、作業者の経験に基づく主観的な判断に頼ることなく、客観的な判断ができるようになり、ヒータを断線前に交換することができる。

【0054】

また、ヒータの劣化の程度を知ることができるので、常に炉で正常な熱処理ができるようになり、被処理体のロット不良を出すこともなく、生産性を向上できる。特に縦型炉の生産性を向上することができる。また、ヒータの劣化判断が正確にできるため、予備のヒータを準備して定期交換する必要がなく、必要に応じたヒータ交換ができるようになり、また交換後に寿命予測範囲期間内で断線するという問題もなくなる。

【0055】

また、実施例1では、商用電源をヒータ抵抗測定用の電源として使用しているために、ヒータ抵抗測定用の特別な電源が不要となり、構成が簡単になる。また、既存の半導体製造装置にヒータ検査装置を追加するだけ、ヒータの劣化を検査することができる装置を実現できる。

【0056】

また、半導体製造装置が半導体ウェーハ処理に入る前のアイドル状態（スタンバイ状態）のときに、そのままの状態、ヒータ7の劣化の程度を割り出せるようにしているので、ヒータ抵抗測定時に、商用電源に基づいてヒータ加熱される炉内温度が乱されるようなことはなく、また半導体製造装置の稼動に支障をきたすこともない。

【実施例2】

【0057】

図5は、図1に示す実施例2のヒータ及びヒータ検査装置の回路図である。ここでは、電力要素を印加する印加手段が、ヒータ7に交流電圧を印加する商用電源1とは別な、直流電圧を印加する直流電源で構成される。なお、図2を用いて説明した部分と同じ部分には同符合を付して説明を省略する。

図5には、図1に示すヒータ7に加えて、以下説明する商用電源1と、受電用端子台2と、保護用ブレーカ（NFB）3と、電源トランス4と、サイリスタ6と、熱電対8と、熱電対9と、シャント抵抗器10Bと、ヒータ制御装置23Bとを示している。

シャント抵抗器10Bは、ヒータ7に流れる電流の一部を分離してヒータ制御装置23B側へ出力するものである。

【0058】

ヒータ制御装置23Bは、以下説明する取得手段11と、直流電圧発生器12と、温度調節計13Bと、テーブルメモリ14と、DO出力手段15と、通信インターフェイス（通信I/F）16と、演算器（CPU）17Bと、A/D変換器19と、電圧検出手段20Bと、電流検出手段21Bと、温度検出手段22とを備える。

【0059】

電圧検出手段20Bは、CPU17Bからの命令に従って、直流電圧発生器12によって発生され、ヒータ7の両端に印加される直流電圧を検出するものである。

電流検出手段21Bは、CPU17Bからの命令に従って、直流電圧発生器12によって発生された直流電圧をヒータ7に印加したときにヒータ7に流れる電流を、シャント抵抗器10Bによって分離された電流に基づいて検出するものである。

【0060】

取得手段11は、例えば電源トランス4の二次側に接続されており、電源トランス4の二次側電源とヒータ7とを結ぶ経路から、ヒータ7に加えられる二次側電源の電源同期信号を取得するものである。ここで二次側電源の電源同期信号は、サイリスタ6によって通電制御される二次側電源の電流のオン／オフに同期した信号である。

直流電圧発生器12は、取得手段11で取得された電源同期信号に基づいて、遮断手段であるサイリスタ6が位相制御されて、経路を一時的にオフしているときに、ヒータ7に印加する直流電圧を発生するものである。そのために、直流電圧発生器12はサイリスタ6を経ずにヒータ7に直接接続されるようになっている。前述した電源同期信号は、電源トランス4で変換されてサイリスタ6によって位相制御される電圧波形から形成される。

【0061】

温度調節計13Bは、熱電対8から出力される電気信号に対応する測定温度と予め設定しているヒータ7の設定温度とに基づいてサイリスタ6のオン／オフを位相制御したり、

熱電対 8 から出力される電気信号に対応する測定温度やサイリスタ 6 のオン／オフの制御情報を上位装置等へ送信するものである。

【0062】

演算器 (CPU) 17B は、A/D 変換器 19 で変換された電圧検出手段 20B 及び電流検出手段 21B のデジタル信号の検出結果に基づいてヒータ 7 の検査時の抵抗を算出すると共に、算出したヒータ 7 の検査時の抵抗とテーブルメモリ 14 の記憶内容とに基づいてヒータ 7 の劣化の程度を割り出すものである。

【0063】

また、演算器 (CPU) 17B は、割り出したヒータ 7 の劣化の程度を上位装置等へ送信するように命令する、或いは割り出したヒータ 7 の劣化の程度に基づいてヒータ 7 の交換の必要性がある場合に、例えばスピーカからアラームを出力するように DO 出力手段 15 へ命令するものである。

【0064】

さらに、演算器 (CPU) 17B は、直流電圧発生器 12 に対して直流電圧を発生するように促すと共に、取得手段 11 で取得された電源同期信号に基づいて、サイリスタ 6 が位相制御により一時的にオフされるときに、直流電圧発生器 12 で発生させた直流電圧をヒータ 7 へ印加するように命令する等のヒータ制御装置 23B の動作の制御を司るものである。

【0065】

DO 出力手段 15 は、CPU 17B の命令に従って、ヒータ 7 の交換の必要性があることを示すアラームを出力するように、図示しないスピーカに促すものである。

通信 I/F 16 は、CPU 17B 及び温度調節計 13B と上位装置等とを接続するインターフェイスである。

【0066】

図 6 は、図 5 に示す半導体製造装置及びヒータ検査装置の動作を示すフローチャートである。

まず、商用電源 1 の交流電圧をヒータ 7 に印加して、ヒータ 7 を例えば 800℃ に向けて加熱する (ステップ S101)。

つぎに、CPU 17B は、ヒータ 7 自体の温度を測定する熱電対 9 から出力される電気信号に基づいて、ヒータ 7 の温度が、ヒータ 7 の検査温度である例えば 800℃ に達したか否かを判別し、800℃ に達するまで判別を繰り返す (ステップ S102)。

ヒータ 7 が例えば 800℃ に達した場合には、CPU 17B は、取得手段 11 によって電源トランス 4 の二次側電源の電源同期信号を取得する (ステップ S103)。

【0067】

CPU 17B は、この取得した電源同期信号から、サイリスタ 6 によって電源トランス 4 の二次側電源からヒータ 7 へ通じる経路が遮断されている期間 (サイリスタ 6 によってオフしている期間) を読み取り、その遮断期間中に、ヒータ抵抗検出用データを取得するための一連のステップ S104～S109 を処理する。この遮断期間は、例えば数十 msec オーダであり、最大でも 1 秒程度である。また、遮断期間中に一連のステップを繰り返して複数の検出データを取得するようにしても、あるいは複数の遮断期間にわたって複数の検出データを取得するようにしてもよい。複数の検出データを取得する場合は、それらの平均値を採用する。

【0068】

サイリスタ 6 がオフすると、まず、直流電圧発生器 12 に対して、ヒータ 7 に印加する直流電圧を発生するように命令する (ステップ S104)。

そして、CPU 17B は、直流電圧発生器 12 で発生された直流電圧を、ヒータ 7 に印加する (ステップ S106)。

この状態で、電圧検出手段 20B によって、直流電圧発生器 12 によって発生されヒータ 7 に印加される直流電圧を検出する (ステップ S107)。

【0069】

また、電流検出手段 21B によって、ヒータ 7 に流れる電流を、シャント抵抗器 10B によって分離された電流に基づいて検出する（ステップ S108）。

さらに、温度検出手段 22 によって、熱電対 9 から出力される電気信号に基づいてヒータ 7 の温度（検出温度 $T^{\circ}\text{C}$ 、ここでは 800°C ）を検出する（ステップ S109）。

なお、電圧検出手段 20B と電流検出手段 21B と温度検出手段 22 とによるアナログ信号の検出結果は、A/D 変換器 19 によって、デジタル信号の検出結果に変換され、CPU17B に出力される。

【0070】

このようにしてサイリスタ 6 がオフしている遮断期間中に、CPU17B はヒータ抵抗測定用データを取得するが、このデータ取得前はもちろん、取得中も、取得後も、電源トランス 4 の二次側電源の電流はサイリスタ 6 による通電制御下にあり、炉の温度が設定温度となるように通常に制御されている。

【0071】

つぎに、CPU17B は、例えば、温度検出手段 22 の検出温度（ $T^{\circ}\text{C}$ ）とテーブルメモリ 14 の記憶内容とに基づいて、検出温度（ $T^{\circ}\text{C}$ ）でのヒータ 7 の理論的な抵抗 R を算出する（ステップ S111）。

つづいて、ヒータ 7 の理論的な抵抗 R とヒータ 7 の実際の抵抗 R' との変化率を算出する（ステップ S113）。

【0072】

つぎに、CPU17B は、算出した変化率が例えば $\pm 10\%$ 以上であるか否かを判定する（ステップ S114）。

判定の結果、変化率が例えば $\pm 10\%$ 以上である場合には、CPU17B は、近々、ヒータ 7 の交換の必要性があるとして、DO 出力手段 15 へ命令することによって、例えばスピーカからアラーム #1 を出力してから、ステップ S118 へ移行する（ステップ S115）。

【0073】

ステップ S118 では、算出した変化率が例えば 30% 以上であるか否かを判定する。判定の結果、変化率が例えば 30% 以上である場合には、CPU17B は、早急に、ヒータ 7 の交換の必要性があるとして、DO 出力手段 15 へ命令することによって、例えばスピーカからアラーム #1 とは音色、周波数等の異なるアラーム #2 を出力する（ステップ S117）。

【0074】

つづいて、被処理体をロット不良にすることなくヒータ 7 の交換を可能とするために、実際に処理室に被処理体を搬入する前に、ヒータ 7 の加熱を終了する（ステップ S118）。

【0075】

一方、変化率が例えば $\pm 10\%$ 以上でない場合、及び、変化率が例えば $\pm 30\%$ 以上でない場合には、引き続き、ヒータ 7 を加熱していき、温度調節計 13B によって、熱電対 8 から出力される電気信号と予め設定しているヒータ 7 の設定温度とに基づいて、サイリスタ 6 をオン／オフして、アイドル状態（スタンバイ状態）を継続する。また、熱電対 8 から出力される電気信号が示す情報やサイリスタ 6 のオン／オフの制御情報を上位装置等へ送信する（ステップ S118）。

【0076】

以上説明したように、実施例 2 によれば、商用電源ではなく、直流電源に基づいてヒータのデータを取得するようにしたので、交流の電力制御状態による電流波形、電圧波形のひずみの影響を受けず、実効値／直流変換時に伴う誤差もなくなり、ヒータを単純抵抗として計算できる。そのため、実施例 1 の効果に加えて、実際の抵抗値を高い精度で算出することができる。

【0077】

また、実施例 2 では、直流電圧のヒータへの印加は、サイリスタのオン／オフ制御に基

づく電源同期信号と同期した経路の遮断期間内に行うようにしている。すなわち、二次側電源とヒータとを結ぶ経路のサイリスタの位相制御による遮断期間内に、ヒータの実際のデータを測定するようにしたので、ヒータ抵抗測定時にヒータに直流電圧を印加しても、商用電源に基づいてヒータ加熱される炉内温度が乱されるようなことはない。また、直流電圧発生器 12 によるヒータ加熱期間は、極く短い期間であるため、直流電源加熱によっても炉内温度が乱されるようなことがない。

【0078】

また、実施例 2 では、直流電圧のヒータへの印加は、サイリスタのオン／オフ制御に基づく電源同期信号と同期した経路の遮断期間内に行うようにしたが、炉内の温度制御に影響を与えない期間内であれば、ヒータ検査のために一定期間サイリスタを強制的にオフさせて、そのオフ期間（経路遮断期間）、直流電圧をヒータに印加するようにしてもよい。

【実施例 3】

【0079】

ところで、上述した実施例 2 では、電力要素を印加する印加手段を、ヒータに直流電圧を印加する直流電圧発生器で構成したが、本発明はこれに限定されず、直流電流発生器で構成してもよい。

実施例 3 は、実施例 2 の直流電圧発生器 12（図 5 参照）に代えて直流電流発生器を備えたものであり、電力要素を印加する印加手段が、ヒータに直流電流を流す直流定電流源で構成されている。

【0080】

直流電圧発生器 12 に代えて直流定電流源を、サイリスタ 6 を経ずに、直流定電流源とヒータとの間で閉回路が形成されるように、ヒータに接続する。演算器（CPU）17B は、サイリスタ 6 が経路をオフしているかオフしていないかにかかわらず、常時、直流定電流源からヒータ 7 へ、商用電源 1 によって加熱されるヒータ温度に影響のない範囲の直流定電流値を流すようにする。また、演算器（CPU）17B は、取得手段 11 で取得された電源同期信号に基づいて温度調節計 13B を経由してサイリスタ 6 を一時的にオフしたときに、直流定電流源から流している直流定電流に基づいて、実施例 2 と同様なフローにしたがって、ヒータ 7 の理論的な抵抗 R とヒータ 7 の実際の抵抗 R' との変化率を算出し、ヒータ検査を行う。

【0081】

実施例 3 では、ヒータに直流定電流を常時流しているので、経路の切替え時のロスタイムがなくなり、速やかにヒータ検査を行うことができる。

【0082】

なお、本発明は、ヒータ加熱する構成要素を有する半導体製造装置であれば、縦型炉に限定されず、いずれの装置、例えば一度に処理する被処理体の数が 1～3 程度と少ない枚葉炉等にも適用可能である。また装置の種類によらず、ヒータを備えたものであればいずれも適用可能である。

【0083】

また、上述した実施例では、ヒータの検査温度が所定の温度（800℃）に達したか否かを判別するようにしたが、任意の温度でヒータを検査するようにしてもよい。その場合、理論的な抵抗 R を求めるにあたって、検査温度に最も近い抵抗温度係数をテーブルメモリから選択して使用するとよい。

【図面の簡単な説明】

【0084】

【図 1】本発明の実施形態の半導体製造装置の構成要素となる縦型炉にヒータを取り付けている様子を示す斜視図である。

【図 2】実施例 1 によるヒータ及びヒータ検査装置の回路図である。

【図 3】図 2 に示すテーブルメモリの記憶内容を示す図である。

【図 4】実施例 1 によるヒータ検査装置の動作を示すフローチャートである。

【図 5】 実施例 2 によるヒータ及びヒータ検査装置の回路図である。

【図 6】 実施例 2 によるヒータ検査装置の動作を示すフローチャートである。

【図 7】 従来例 1 としてのヒータ検査装置及びそれを搭載した半導体製造装置の回路図である。

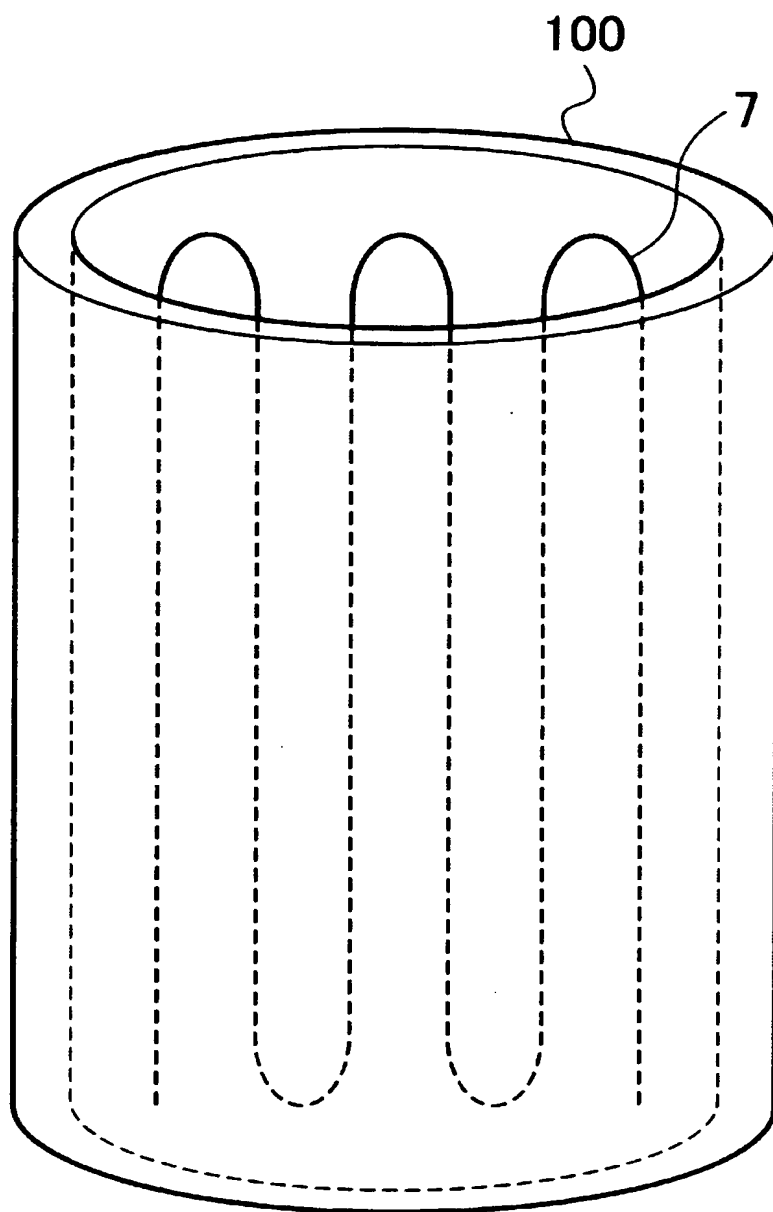
【図 8】 従来例 2 としてのヒータ検査装置及びそれを搭載した半導体製造装置の回路図である。

【符号の説明】

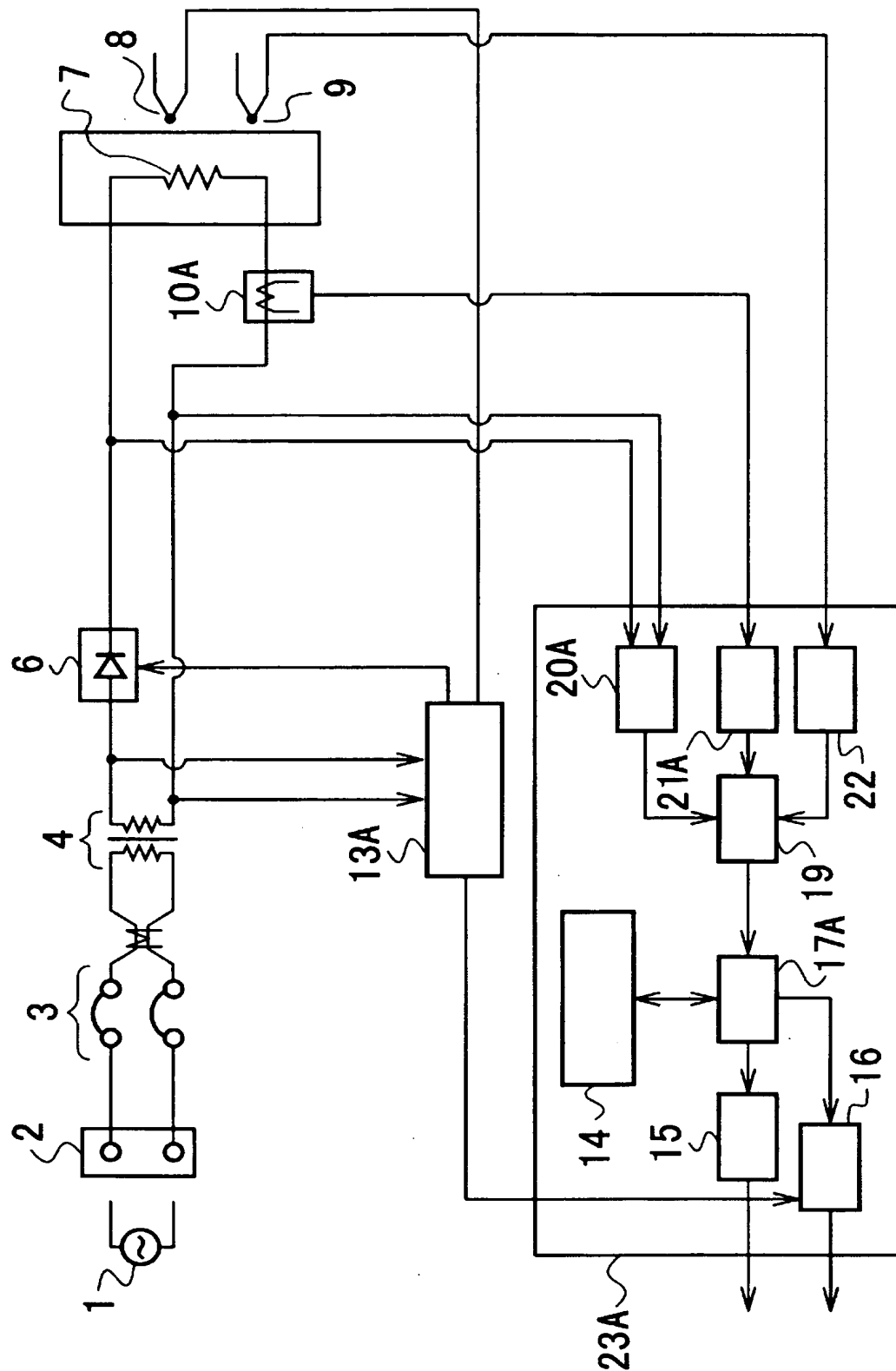
【 0 0 8 5 】

- 1 商用電源（交流電源ないし印加手段）
- 4 電源トランス
- 6 サイリスタ
- 7 ヒータ
- 8 熱電対
- 9 熱電対
- 1 3 A 温度調節計
- 1 4 テーブルメモリ
- 1 7 A 演算器（C P U）
- 1 9 A/D変換器
- 2 0 A 電圧検出手段
- 2 1 A 電流検出手段
- 2 2 温度検出手段
- 2 3 A ヒータ制御装置

【書類名】 図面
【図 1】



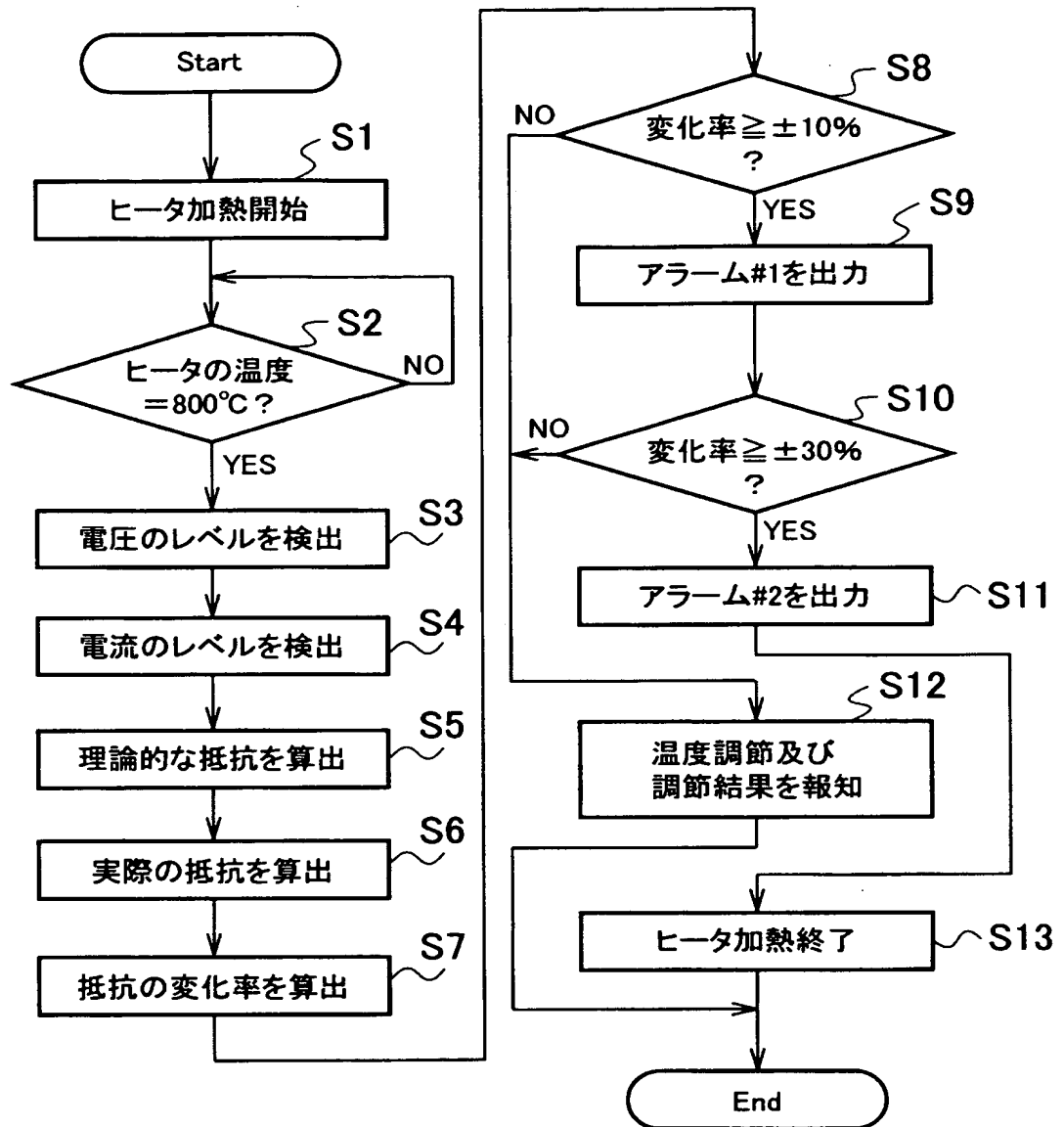
【図 2】



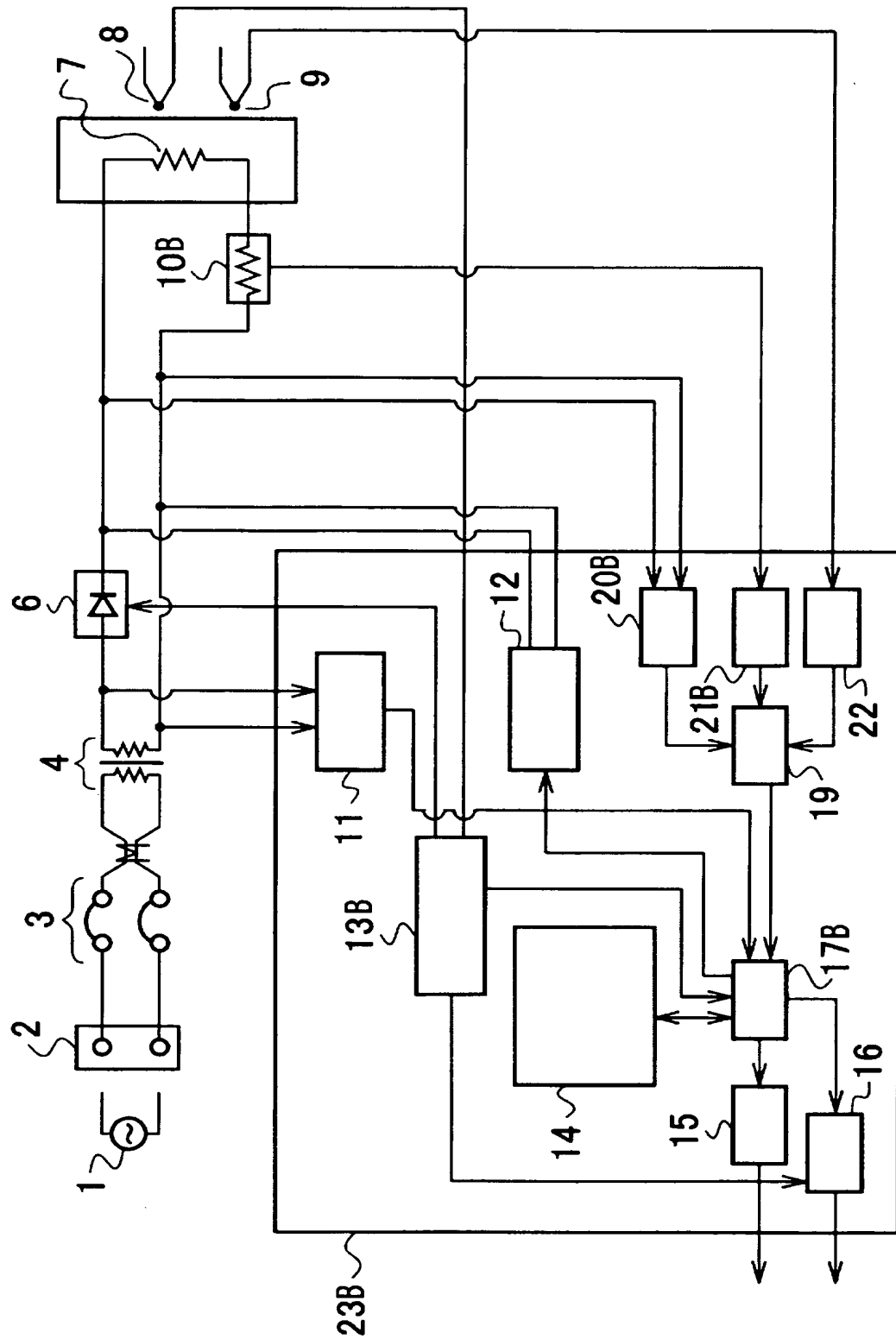
【図 3】

識別番号	温度係数 (20℃)	温度係数 (850℃)	温度係数 (1000℃)	長さ (m)	断面積 (m ²)	基準抵抗値 (Ω)
ヒータ7A	1.00	1.01	1.04	1000	4×10^{-6}	4.557
ヒータ7B	1.00	1.01	1.04	1500	4×10^{-6}	9.4

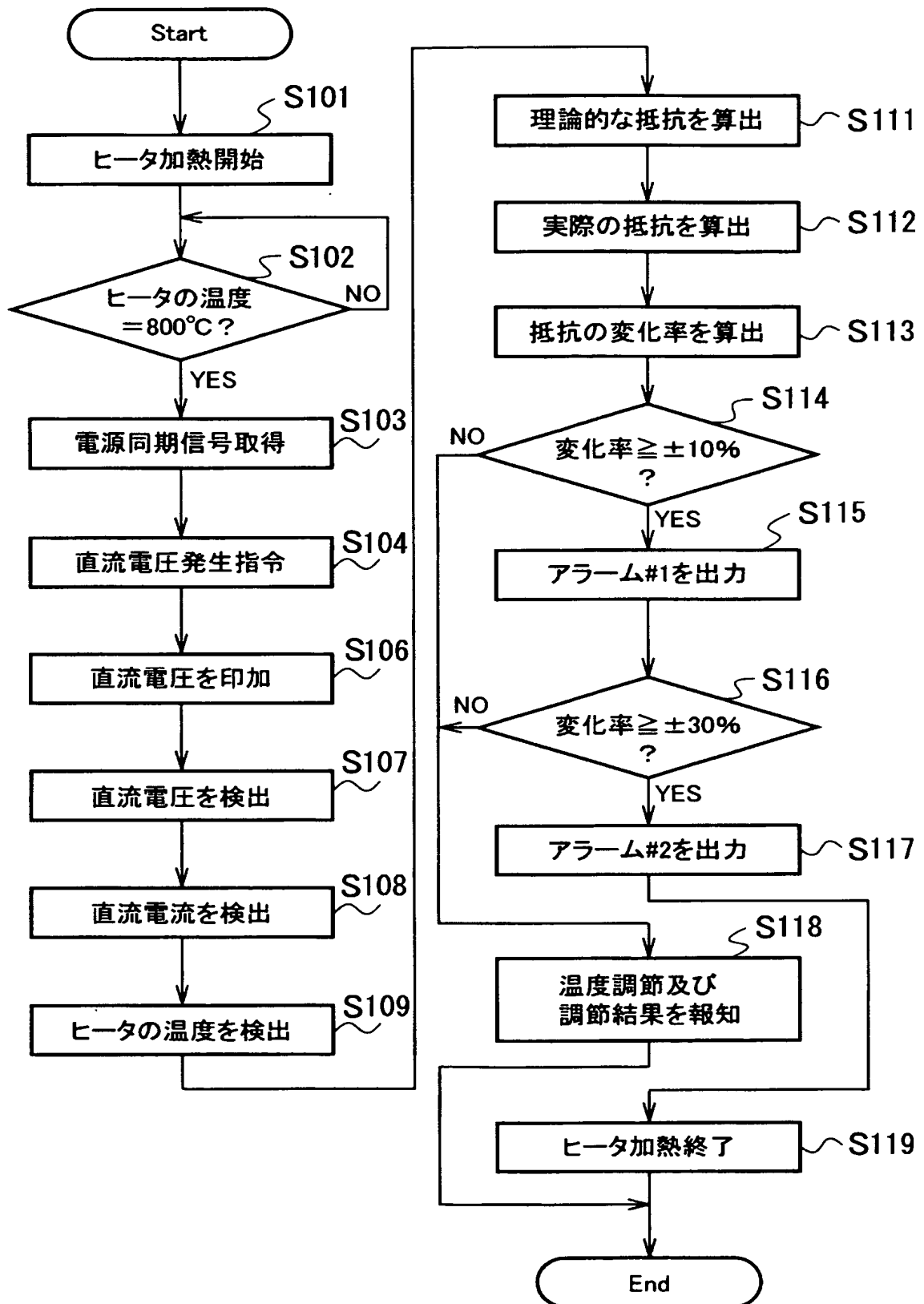
【図 4】



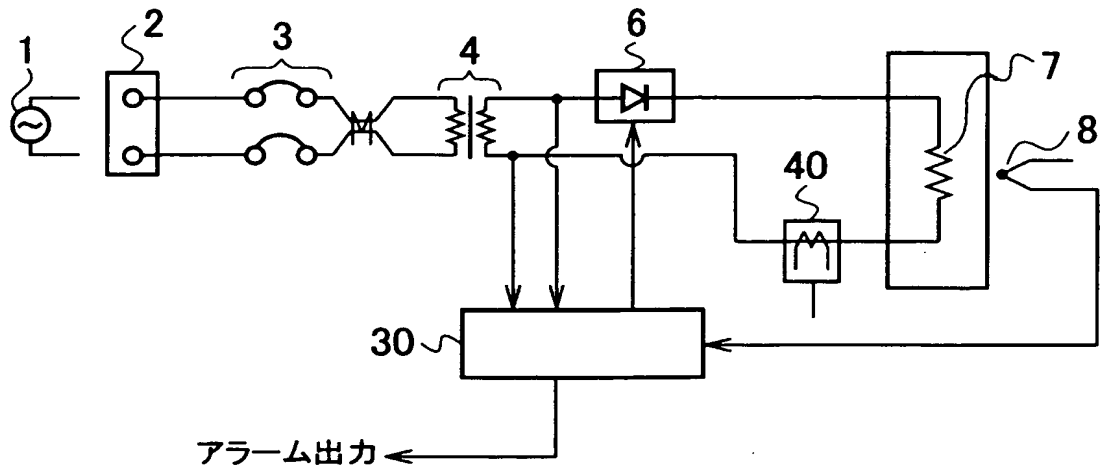
【図 5】



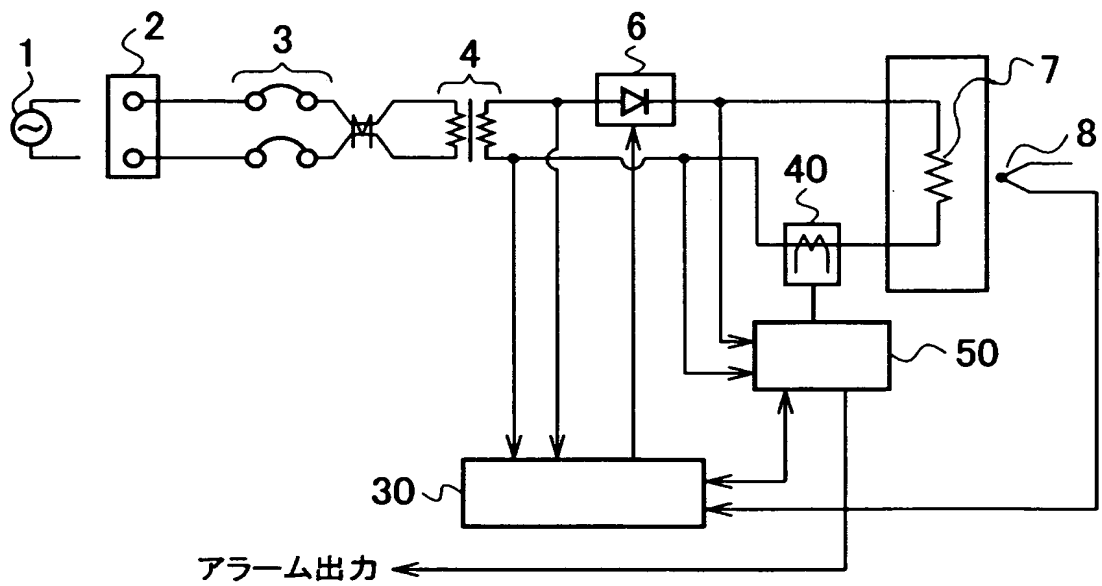
【図 6】



【図 7】



【図 8】



【書類名】 要約書**【要約】**

【課題】 炉を加熱するヒータの劣化の程度を割り出す。

【解決手段】 商用電源 1 に基づいて加熱されるヒータ 7 に流れる電流のレベルを検出する電流検出手段 2 1 A と、ヒータ 7 に印加される電圧のレベルを検出する電圧検出手段 2 0 A と、ヒータ 7 の温度を検出する温度検出手段 2 2 と、ヒータ 7 の製造時の抵抗を算出するための抵抗温度係数を記憶してあるテーブルメモリ 1 4 と、電圧検出手段 2 0 A と電流検出手段 2 1 との各検出結果に基づいてヒータ 7 の検査時の抵抗を算出すると共に、温度検出手段 2 2 の検出結果とテーブルメモリ 1 4 に記憶してある抵抗温度係数とに基づいてヒータ 7 の基準時の抵抗を算出し、ヒータ 7 の検査時の抵抗とヒータ 7 の基準時の抵抗とに基づいてヒータ 7 の劣化の程度を割り出す CPU 1 7 A とを備える。

【選択図】 図 2

特願 2 0 0 3 - 3 2 2 3 9 0

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[5 9 2 2 3 0 0 9 2]

1. 変更年月日

1 9 9 2 年 1 0 月 7 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都新宿区新宿二丁目 1 番 9 号

氏 名

国際電気システムサービス株式会社

2. 変更年月日

2 0 0 2 年 5 月 1 7 日

[変更理由]

名称変更

住 所

東京都新宿区新宿二丁目 1 番 9 号

氏 名

株式会社国際電気セミコンダクターサービス